



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**IANE RODRIGUES DE PAULA**

**GEORREFERENCIAMENTO DO TRATAMENTO DE ESGOTO NO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2019**

IANE RODRIGUES DE PAULA

GEORREFERENCIAMENTO DO TRATAMENTO DE ESGOTO NO ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P347g Paula, Iane Rodrigues de.

Georreferenciamento do tratamento de esgotos no Estado do Ceará / Iane Rodrigues de Paula. – 2019.  
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti.

1. Esgoto. 2. Águas residuárias. 3. Tratamento de esgoto. 4. Saneamento. 5. Ceará. I. Título.

CDD 628

---

IANE RODRIGUES DE PAULA

GEORREFERENCIAMENTO DO TRATAMENTO DE ESGOTO NO ESTADO DO  
CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso referente  
ao curso de graduação em Engenharia  
Ambiental da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção  
do título de Bacharel em Engenharia  
Ambiental

Aprovada em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Edilene Pereira Andrade  
Universitat Rovira i Virgili (URV)

---

Dr<sup>a</sup>. Geisa Vieira Vasconcelos Magalhães  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha avó Francisca, que me inspira e  
fortalece onde quer que esteja.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela maravilhosa oportunidade de ter cursado essa graduação, por ter chegado até aqui e, principalmente, pelas pessoas incríveis que tive o imenso prazer de conhecer e conviver nessa jornada.

Meu muito obrigada ao professor Ronaldo pela solicitude durante toda a graduação e à Geisa pelas dicas valiosas. E, especialmente, agradeço de todo coração à Edilene, por tamanha paciência, respeito, comprometimento e pela oportunidade de fazer esse trabalho sob sua coorientação impecável.

Muito grata à CAGECE e aos técnicos de meio ambiente do estado que cederam informações cruciais para a elaboração desse trabalho.

Agradeço à minha família por ser meu alicerce e por acreditar em mim em todo e qualquer momento. À minha mãe por ser meu maior exemplo de força, ao meu pai por todo amor e cuidado e aos meus irmãos por serem meus maiores parceiros.

Grata aos demais familiares por toda assistência durante toda a minha vida, em especial, à minha madrinha Roza, por todo incentivo, e às minhas avós, Salomé, por ser tão querida e me ajudar tanto, e à Francisca, por ser a pessoa mais fantástica que já conheci e por todo aprendizado durante os anos que compartilhamos.

Agradeço, de maneira muito especial, à minha namorada Lorena, por todo apoio durante todos esses anos que partilhamos e por termos caminhado juntas até aqui, sempre me impulsionando, motivando e acreditando no meu melhor.

Agradeço também a todos os meus amigos, principalmente, à Perla Moreira, Gustavo Gomes e Lahis Muriel, por serem tão especiais, incentivadores e inspiradores.

Toda gratidão à Sociedade Espírita Irmãos do Caminho, em especial ao Projeto JEIC, por todos os amigos que tive o imenso prazer de reencontrar, pelo trabalho sensacional que tenho a honra de fazer parte e por ser um lar tão aconchegante.

Grata a todos os amigos maravilhosos que dividiram comigo essa grande aventura que é a graduação, em especial aos meus amores da Sacada Parisiense, por serem pessoas tão lindas e incríveis, e aos queridos do Reino do Meio, por serem tão admiráveis.

Agradeço à Braslimp, na pessoa da inspiradora Joseline, pela flexibilidade, pelas oportunidades de aprender e crescer e pelas pessoas sensacionais que conheci.

A todas as pessoas incríveis que tive a oportunidade fantástica de conhecer e conviver durante esse percurso de tanto aprendizado e desenvolvimento e que, de alguma forma, contribuíram para esse momento, meu muito obrigada!

“A felicidade pode ser encontrada  
mesmo nas horas mais difíceis, se você  
lembrar de acender a luz.”

*J.K. Rowling*

## RESUMO

A água é um recurso essencial para a vida humana, bem como para execução das atividades primordiais da sociedade. Dessa forma, é imprescindível a disponibilidade de água em quantidade e qualidade compatíveis com os variados usos aos quais se destina. No intuito de garantir a qualidade dos recursos hídricos, são fundamentais a coleta e o tratamento adequados das águas residuárias para evitar ou atenuar a contaminação ocasionada pelos efluentes domésticos e industriais quando descartados incorretamente. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva mapear as unidades de tratamento de esgoto no estado do Ceará, através do uso da base de dados da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), informações providenciadas pelas prefeituras dos municípios e identificação através do software de geoprocessamento Google Earth. Além disso, neste trabalho identificou-se o nível de tratamento aplicado em cada município, conciliando as informações da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), e da CAGECE. De tal maneira, verificou-se que, dos 184 municípios cearenses, 90 são contemplados por Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e, desses, 76 são atendidos pela CAGECE. Além disso, 12 cidades recebem atendimento do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), 2 são atendidos pelas prefeituras municipais e 2 apresentam solução individual, enquanto 92 não recebem nenhum tipo de tratamento dos efluentes gerados. Assim, constatou-se que a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) apresentou o maior percentual de atendimento relativo tanto à coleta quanto ao tratamento de esgotos, ao passo que a Região dos Sertões Cearenses apresentou o menor percentual de municípios atendidos. De tal maneira, o levantamento das informações e dos mapas relativos ao tratamento de águas residuárias no estado pode contribuir consideravelmente na estimativa do nível de poluição dos corpos hídricos cearenses e na tomada de decisão no que diz respeito aos serviços de saneamento do Ceará, especialmente com relação ao esgotamento sanitário, auxiliando no desenvolvimento de políticas que visem a expansão e otimização desses serviços imprescindíveis à boa qualidade de vida da população.

**Palavras-chave:** Esgoto; Águas residuárias; Tratamento de esgoto; Saneamento; Ceará.



## ABSTRACT

Water is an essential resource for human life as well as for carrying out the primordial activities of society. Thus, the availability of water in quantity and quality compatible with the various uses for which it is intended is indispensable. In order to ensure the quality of water resources, it is essential to properly collect and treat wastewater to prevent or mitigate contamination caused by domestic and industrial effluents when improperly disposed of. In this context, the present work aims to map the sewage treatment units in the state of Ceará, using the database of the Ceará Water and Sewerage Company (CAGECE), information provided by the municipalities and identification through the software of Google Earth geoprocessing. In addition, this work identified the level of treatment applied in each municipality, reconciling information from the National Water Agency (ANA), through the National Water Resources Information System (SNIRH), and CAGECE. Thus, it was found that of the 184 municipalities in Ceará, 90 are covered by Sewage Treatment Plants (STP) and, of these, 76 are served by CAGECE. In addition, 12 cities receive assistance from the Autonomous Water and Sewerage Service (SAAE), 2 are served by municipal governments and 2 have individual solutions, while 92 receive no treatment of the generated effluents. Thus, it was found that the Metropolitan Region of Fortaleza (RMF) had the highest percentage of care related to both collection and treatment of sewage, while the region of Sertões Cearenses had the lowest percentage of municipalities served. In this way, the collection of information and maps related to wastewater treatment in the state can contribute considerably in estimating the pollution level of Ceará water bodies and in decision making regarding sanitation services in Ceará, especially with regard to sanitation, assisting in the development of policies aimed at the expansion and optimization of these services essential to the good quality of life of the population.

**Key-words:** Sewage; Wastewater; Sewage treatment; Sanitation; Ceará.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da localização do Ceará .....	26
Figura 2 – Planilha do Atlas Esgotos (ANA, 2017) relativa aos municípios cearenses .	27
Figura 3 – Localização das ETES operadas pela CAGECE .....	28
Figura 4 – Mapa das ETES do Ceará .....	31
Figura 5 – Mapa das ETES da RMF .....	34
Figura 6 – Mapa de distribuição das ETES do Norte Cearense .....	35
Figura 7 – Mapa de distribuição das ETES no Noroeste Cearense.....	37
Figura 8 – Mapa das ETES dos Sertões Cearenses.....	39
Figura 9 – Mapa das ETES do Sul Cearense .....	41
Figura 10 – Mapa das ETES do Jaguaribe .....	43
Figura 11 – Mapa das ETES do Centro-sul Cearense .....	45

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Fluxograma de atividades.....	25
Gráfico 2 – Municípios do CE em relação à coleta e ao tratamento de esgotos .....	32
Gráfico 3 – Percentual de municípios atendidos por mesorregião do Ceará.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Municípios do Norte Cearense sem tratamento de esgoto.....	36
Tabela 2 – Municípios do Noroeste Cearense sem tratamento de esgoto .....	38
Tabela 3 – Municípios dos Sertões Cearenses sem tratamento de esgoto .....	40
Tabela 4 – Municípios do Sul Cearense sem tratamento de esgoto.....	42
Tabela 5 – Municípios do Jaguaribe sem tratamento de esgoto .....	44
Tabela 6 – Municípios do Centro-sul Cearense sem tratamento de esgoto .....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
MMA	Ministério do Meio Ambiente
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SAAE	Serviço Autônomo de Água e Esgoto
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SISAR	Sistema Integrado de Saneamento Rural
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Contexto histórico .....	18
2.2 Tratamento de efluentes.....	19
2.2.1 Parâmetros para classificação de efluentes.....	20
2.2.2 Tipos de tratamento .....	21
2.3 Serviços de esgotamento sanitário no Ceará .....	21
2.4 Legislação aplicável .....	22
2.5 Rede de informações de esgotamento sanitário do Brasil .....	23
2.6 Georreferenciamento .....	24
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 Área de estudo .....	27
3.2 Coleta de dados.....	28
3.3 Geolocalização das Estações de Tratamento de Esgoto .....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1 Resultados e discussão gerais .....	32
4.2.1 Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) .....	35
4.2.2 Norte Cearense .....	37
4.2.3 Noroeste Cearense .....	40
4.2.4 Sertões Cearenses .....	42
4.2.6 Jaguaribe.....	47
4.2.7 Centro-sul Cearense.....	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	51
6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	52
APÊNDICE .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso imprescindível para a vida humana. De tal maneira, para atender os usos fundamentais aos quais se destina, é necessária a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas, o que nem sempre é possível devido à crescente poluição dos recursos hídricos. Segundo Von Sperling (1996, p. 46), “entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d’água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos.”

Nesse contexto, uma das principais formas de contaminação das águas é o descarte inadequado dos esgotos domésticos e industriais. Estima-se que pelo menos 2,4 bilhões de pessoas no mundo não recebam atendimento adequado dos serviços de saneamento, de acordo com o Instituto Trata Brasil (2019, *apud* OMS, 2015). Uma vez descartados de forma incorreta, a matéria orgânica e os poluentes presentes nos esgotos contaminam os corpos hídricos, debilitando a qualidade da água e propiciando a proliferação de doenças de veiculação hídrica, especialmente em países que ainda não avançaram significativamente no tratamento de águas residuárias.

Segundo a ONU (2016), pelo menos 80% dos efluentes gerados são despejados nos corpos hídricos sem qualquer tipo de tratamento prévio. Tal panorama contribui de forma considerável para a poluição dos corpos hídricos, tornando ainda menos disponível a água de qualidade e acarretando a escassez desse recurso que já atinge cerca de 40% da população mundial. Além disso, devido à contaminação dos mananciais, estima-se que quase 1000 crianças morram diariamente no mundo em decorrência de doenças de veiculação hídrica que poderiam ser evitadas através do desenvolvimento dos serviços de saneamento. (ONU, 2016)

No Brasil, apesar dos avanços, 45% da população ainda não tem acesso ao tratamento dos efluentes gerados (ANA, 2017). De tal maneira, faz-se imprescindível o conhecimento do atual panorama da coleta e do tratamento de esgotos a fim de buscar alternativas para a expansão desses serviços. Assim, utilizando ferramentas de geoprocessamento é possível analisar as localidades atendidas, através da distribuição espacial das unidades de tratamento, gerando informações que auxiliem na tomada de decisão no que diz respeito ao desenvolvimento do saneamento.

Nesse sentido, o presente trabalho se justifica pela importância de compreender o atual cenário do tratamento de águas residuárias no estado do Ceará, em especial com relação à distribuição espacial das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), a fim de identificar e analisar quais municípios já possuem atendimento adequado e quais ainda não são atendidos. Dessa forma, a partir do georreferenciamento das ETEs do estado e da análise do nível de atendimento em cada mesorregião, bem como das tecnologias de tratamento aplicadas, é possível traçar estratégias para expansão desses serviços nos municípios cearenses.

### **Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo principal o georreferenciamento do tratamento de esgoto no estado do Ceará, através da elaboração de um mapa que contenha a distribuição das Estações de Tratamento de Esgoto do estado.

### **Objetivos Específicos**

- Sintetizar as informações relativas ao tratamento de esgoto no Ceará, relacionando os dados da ANA e da CAGECE, bem como os dados fornecidos pelos municípios.
- Elaborar o mapa da distribuição das ETEs nos municípios do Ceará, a partir das informações da ANA e da CAGECE.
- Avaliar a distribuição de ETEs por mesorregião do estado, bem como as tecnologias de tratamento aplicadas.
- Verificar o corpo hídrico no qual é destinado o efluente dos municípios que não apresentam tratamento de águas residuárias, além da carga orgânica despejada.

Para atingir tais objetivos, a pesquisa baseia-se na metodologia Quantitativa de natureza Básica Estratégica, pautada em procedimentos Bibliográficos e Documentais, uma vez que, a partir da consolidação das bases de dados da ANA e da CAGECE, visa avaliar os percentuais de atendimento quanto ao tratamento de esgoto no Ceará, servindo de base para a tomada de decisão com relação à expansão desse serviço no estado.



O trabalho em questão subdivide-se em 5 capítulos, os quais são: Introdução – seção na qual é apresentada a contextualização do tema e da problemática a ser tratada, além de justificar e pautar os objetivos gerais e específicos da pesquisa; Revisão de Literatura – neste capítulo é realizado um apanhado dos conceitos mais importantes que embasam o trabalho, por meio de autores consagrados e pesquisas relacionadas ao tema; Metodologia – seção na qual é enfatizado o método científico utilizado e como a pesquisa foi realizada, contemplando as etapas do projeto e os procedimentos adotados para atingimento dos objetivos; Resultados e Discussão – neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na realização da pesquisa, bem como discussão destes; Considerações Finais – nesta seção são descritas as conclusões geradas no trabalho, relacionando os resultados obtidos com os objetivos propostos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Contexto histórico

Desde os primórdios da civilização o homem constatou a importância da água para a vida, bem como para a execução das atividades humanas. Tal verificação acarretou o desenvolvimento progressivo de tecnologias direcionadas à distribuição de água em quantidade e qualidade adequadas às demandas da sociedade. Todavia, ao passo que as cidades foram se expandindo ao longo da história, houve um aumento gradual da poluição, em especial com relação aos recursos hídricos, tendo com um dos principais poluentes os esgotos sanitários quando descartados incorretamente.

Visando minimizar essa problemática, a partir de 3750 a.C. começaram a ser construídas as primeiras galerias de esgoto em Nipur (Índia) e na Babilônia, segundo Nuvolari *et al.* (2003, p.1, *apud* AZEVETO NETTO, 1984). Apesar disso, na Idade Média não se tem relatos de grandes avanços com relação ao saneamento, o que provavelmente foi a principal causa das grandes epidemias vivenciadas pela Europa entre os séculos XIII e XIX, alinhado ao crescimento desenfreado de determinadas cidades. (NUVOLARI *et al.*, 2003, p.1, *apud* SAWYER E MACCARTY, 1978).

De acordo com Nuvolari *et al.* (2003, p.2), somente a partir de 1815 os países europeus começaram a remanejar os esgotos para as galerias pluviais, dando início ao sistema unitário. Dentre esses, a Inglaterra, sendo um dos principais atingidos pelas epidemias, especialmente devido ao rápido e elevado crescimento populacional acarretado pela Revolução Industrial, foi o primeiro país a desenvolver pesquisas e adotar medidas relacionadas ao saneamento. Com o contingente populacional crescendo mundialmente, outros países também começaram a se atentar para o tratamento de esgotos.

No Brasil, de maneira geral, o saneamento avançou de fato somente a partir da década de 70. Segundo Nuvolari *et al.* (2003, p.4), as cidades do estado de São Paulo foram as primeiras do país a atuarem sobre essa questão. Até então, devido à baixa densidade demográfica, os terrenos eram grandes e não haviam redes públicas de abastecimento de água e coleta de esgoto, de forma que essas demandas eram supridas a partir de poços rasos para captação de água e fossas negras para descarte dos efluentes.

Com o aumento expressivo da população, tornou-se inviável manter os sistemas de poços e fossas sem acarretar elevado risco à saúde pública, o que ocasionou a implantação de redes de abastecimento de água, ainda que quase sempre desvinculadas às de coleta de esgoto. De tal forma, os efluentes paulistas continuaram a ser descartados de maneira equivocada, inclusive nas regiões onde havia rede de coleta, resultando na poluição acentuada dos rios e córregos da Região Metropolitana de São Paulo. (NUVOLARI *et al.*, 2003).

Ao longo dos anos, o Brasil apresentou um progresso considerável quanto ao tratamento de esgoto. Porém, ainda há um longo caminho a percorrer no sentido da universalização do serviço, um dos princípios fundamentais da Lei 11.445 de 5 de Janeiro de 2007 (BRASIL, 2007). Segundo o SNIS (2017), pouco mais da metade da população, cerca de 52,36%, tem acesso à coleta de esgoto, enquanto apenas 46% dos efluentes do país são tratados. Os dados podem ser ainda mais alarmantes de acordo com a região, uma vez que 78,56% da população do Sudeste é atendida pela coleta de esgoto, enquanto no Nordeste esse percentual cai para 26,87% e no Norte chega a apenas 10,24% de atendimento.

## **2.2 Tratamento de efluentes**

Os esgotos podem ser, basicamente, de 3 tipos com relação à origem: domésticos, águas de infiltração ou industriais, de acordo com Von Sperling (1996). De tal maneira, os esgotos domésticos são aqueles que provêm das residências e, portanto, tem geração estimada com base no consumo de água per capita do local. Já as águas de infiltração são derivadas de tubos defeituosos na rede. Há ainda a vazão industrial que refere-se aos efluentes provenientes de processos industriais e tem características variadas, de acordo com o tipo e o porte da indústria, além do tratamento aplicado, etc.

Conforme Von Sperling (1996, p. 59), “a característica dos esgotos é função dos usos à qual a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, situação social e econômica, e hábitos da população. ”. Dessa maneira, os efluentes são analisados através de determinados parâmetros, os quais variam de acordo com o uso das águas das quais são provenientes.

### 2.2.1 Parâmetros para classificação de efluentes

De acordo com Von Sperling (1996), os esgotos apresentam variadas características físicas, químicas e biológicas, tendo como principais:

- **Sólidos:** as impurezas contidas na água que não são gases dissolvidos, podendo ser classificados com base no tamanho e no estado (em suspensão ou dissolvidos), nas características químicas (voláteis – sendo uma estimativa do teor de matéria orgânica – ou fixos) e na decantabilidade (em suspensão sedimentáveis ou não sedimentáveis). (VON SPERLING, 1996)
- **Matéria orgânica carbonácea:** é uma característica fundamental, uma vez que é a causa principal do maior problema relacionado à poluição dos recursos hídricos, que é o consumo de oxigênio dissolvido por parte dos microrganismos. É classificada com relação ao tamanho e à forma (em suspensão ou dissolvida) e à biodegradabilidade (inerte ou biodegradável). Pode ser medida através de métodos diretos (medição do consumo de oxigênio) – Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Última de Oxigênio (DBOu) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) – ou indiretos (medição do carbono orgânico) – Carbono Orgânico Total (COT), sendo a DBO considerado um parâmetro básico para quantificação da matéria orgânica. (VON SPERLING, 1996)
- **Nitrogênio:** podendo ser encontrado em diversas formas moleculares, é um parâmetro importante tanto com relação à poluição das águas, uma vez que é imprescindível ao crescimento das algas, podendo fomentar processos de eutrofização; quanto ao tratamento de esgotos. (VON SPERLING, 1996)
- **Fósforo:** é um componente essencial no tratamento de esgotos devido ser um dos principais nutrientes para os microrganismos poderem estabilizar a matéria orgânica e, de maneira análoga, pode ocasionar processos de eutrofização. (VON SPERLING, 1996)
- **Indicadores de contaminação fecal:** relacionados à indicação da presença de microrganismos patogênicos nas águas residuárias, através de análises utilizando microrganismos não patogênicos, especialmente do grupo coliforme. (VON SPERLING, 1996)

### 2.2.2 Tipos de tratamento

Dessa forma, baseado nas características dos efluentes gerados e, principalmente, de acordo com o objetivo do tratamento de esgotos, são utilizados diferentes tipos de tratamento, perfazendo os seguintes níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário ou terciário.

Segundo Von Sperling (1996, p. 46),

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Em ambos predominam mecanismos físicos de remoção de poluentes. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo). O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário.

De tal maneira, conforme Von Sperling (1996), as principais operações, processos ou sistemas de tratamento utilizados relacionados a cada nível são:

- Tratamento preliminar: gradeamento, remoção de areia, sedimentação ou disposição no solo;
- Tratamento primário: decantadores e fossa séptica;
- Tratamento secundário: tendo como principal objetivo a remoção de matéria orgânica, precisa ter uma etapa biológica de tratamento, como ocorre nas Lagoas de estabilização, Lodos ativados, Sistemas aeróbios (especialmente Filtros biológicos) e Sistemas anaeróbios (Sistema fossa séptica – filtro anaeróbio e UASB)
- Tratamento terciário: raramente aplicado no Brasil. (VON SPERLING, 1996).

### 2.3 Serviços de esgotamento sanitário no Ceará

Os municípios cearenses podem ser atendidos quanto ao esgotamento sanitário, em geral, através de três entidades: Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), pelo Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) ou, ainda, pelo Sistema Integrado de

Saneamento Rural (SISAR), os quais são responsáveis tanto pelo abastecimento de água quanto pela coleta e o tratamento de esgotos no estado. De tal maneira, a CAGECE é voltada a atender as zonas urbanas dos municípios, juntamente ao SAAE, o qual também atua em zonas rurais, enquanto o SISAR é direcionado ao atendimento de comunidades rurais do estado.

O Atlas Esgotos (ANA,2017), base desse trabalho, apresenta o levantamento do atendimento dos serviços de esgotamento sanitário em relação às zonas urbanas, elencando as localidades atendidas pela CAGECE e pelo SAAE. No entanto, faz-se importante elencar a atuação do SISAR, uma vez que  $\frac{1}{4}$  (um quarto) da população cearense vive em zonas rurais, conforme Lima (2017, *apud* IGBE, 2010). Nesse contexto, partindo de um modelo de “gestão compartilhada” e com auxílio técnico da CAGECE, através da Gerência de Saneamento Rural (GESAR), o SISAR gerencia sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário operados pelas comunidades em 146 municípios.

De tal forma, são 19 sistemas de tratamento de esgotos gerenciados pelo SISAR no estado, os quais atuam em 12 municípios – Acaraú, Bela Cruz, Coreaú, Croatá, Irauçuba, Marco, Massapê, Moraújo, Santana do Acaraú, Tianguá, Itapipoca e Granjeiro –, atendendo cerca de 13.608 pessoas, de acordo com Lima (2017). Na maioria desses sistemas, são utilizadas lagoas de estabilização como tecnologia de tratamento, porém, não é realizado o monitoramento dos efluentes gerados que, devido à escassez de recursos, acredita-se não estarem de acordo com a legislação pertinente. (LIMA, 2017)

## **2.4 Legislação aplicável**

Com relação à legislação pertinente ao tratamento de esgotos, vale destacar, inicialmente, a Lei 11.445 de 5 de Janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), a qual versa sobre fundamentos e diretrizes com relação ao desenvolvimento do Saneamento Básico no Brasil. De tal forma, tendo em vista um dos princípios fundamentais dessa lei que é a universalização do acesso aos serviços de saneamento, a expansão do tratamento de esgotos no país viria ao encontro a esse princípio no que diz respeito ao esgotamento sanitário.

Em seguida, faz-se imprescindível elencar a Resolução CONAMA N° 430 de 13 de Maio de 2011 (BRASIL, 2011), a qual dispõe sobre os padrões de lançamento de

efluentes. De tal forma, a resolução aponta os parâmetros mínimos para que os esgotos possam ser descartados nos corpos hídricos sem ocasionar prejuízos à qualidade do corpo receptor, salvo nas situações elencadas nas quais o órgão ambiental pode permitir o lançamento em desacordo com os padrões desde que hajam motivações plausíveis, como relevante interesse público.

Conforme a resolução, alguns dos parâmetros mínimos de lançamento são:

- pH: de 5 a 9;
- Temperatura: inferior a 40°C;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Imnhoff*;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO, o qual só poderá ser reduzido nos casos nos quais seja comprovada a autodepuração dos corpos hídricos;
- Ausência de materiais flutuantes;
- Parâmetros inorgânicos, tais quais: Arsênio Total – até 0,5mg/L As; Bário Total – até 5 mg/L Ba; Boro total – 5 mg/L B; Cádmio total – até 0,2 mg/L Cd; entre outros. (BRASIL, 2011)

Em relação ao Ceará, o lançamento de efluentes pauta-se, ainda, na COEMA N° 2/2017 (CEARÁ, 2017), a qual dispõe dos padrões de lançamento de efluentes líquidos no estado, sendo alguns dos principais:

- pH: entre 5,0 e 9,0;
- Temperatura: inferior a 40°C;
- Materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone *Imnhoff*;
- Sólidos suspensos totais: até 100,0 mg/L;
- Ausência de materiais flutuantes;
- Demanda Química de Oxigênio (DQO): até 200,0 mg/L;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20°C): até 120 mg/L.

## **2.5 Rede de informações de esgotamento sanitário do Brasil**

Com relação às redes de informação sobre os serviços de esgotamento sanitário no Brasil, as principais são a Agência Nacional de Águas (ANA), através do Sistema

Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), e o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

A ANA, juntamente à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), por meio da elaboração do Atlas Esgotos (ANA, 2017) configurou-se como a principal rede de informações para desenvolvimento dessa pesquisa, uma vez que no atlas em questão foram compiladas as informações referentes ao tratamento de esgoto em todos os municípios brasileiros, inclusive os *shapefiles* das estações de tratamento quando da ocasião do levantamento. Além disso, o SNIRH também apresenta informações valiosas acerca do nível e eficiência do tratamento aplicado em cada município, bem como do rio no qual é destinado o efluente final e da carga lançada.

Uma outra base de dados relevante é o SNIS, o qual reúne, através de diagnósticos, o panorama do Saneamento Básico no país, incluindo o tratamento de águas residuárias, foco desse trabalho.

## **2.6 Georreferenciamento**

O Geoprocessamento pode ser considerado o conjunto de tecnologias relacionadas à coleta e ao tratamento de informações, através dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que são ferramentas fundamentais no que diz respeito à análise de dados, especialmente pela capacidade de relacionar diversas informações geográficas de fontes variadas. (JORGE, 2008)

De acordo com RECESA (2008, p. 30),

Por ser uma técnica de caráter multidisciplinar e transversal há uma variedade de usos e aplicações, além da integração de diferentes temas e abordagens. Por esta razão, na maioria das vezes, é um instrumento utilizado em situações estratégicas, posto o interesse crescente de se conhecer o território e os fenômenos que ali se desenvolvem sob diferentes aspectos. Dessa forma, o Geoprocessamento auxilia, especialmente, no planejamento e na gestão por permitir uma visão holística da realidade de forma sistematizada, considerando as interrelações dos diferentes componentes e entidades que a constitui.



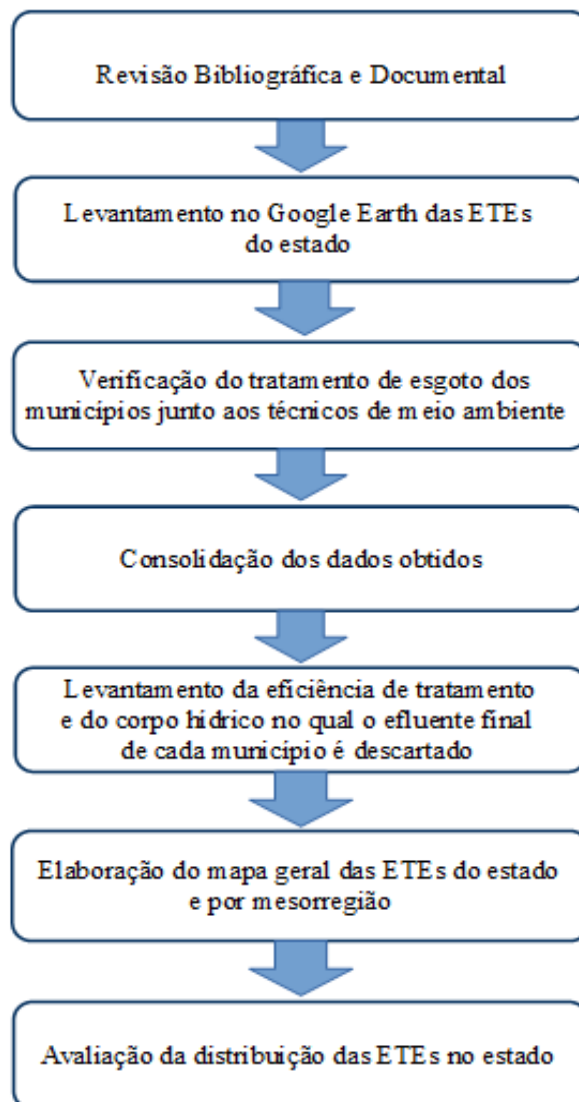
Portanto, o georreferenciamento das informações, ao fornecer uma visão sistêmica da questão em análise, contribui para o desenvolvimento de estratégias e para a tomada de decisão nos diversos setores da sociedade, inclusive no que diz respeito ao Saneamento. De tal maneira, conforme RECESA (2008, p.56), ao agregar dados de diversas fontes de forma simples e eficiente, as informações georreferenciadas permitem uma avaliação mais completa dos serviços de saneamento.

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho em questão, pautada em metodologia Quantitativa, baseia-se prioritariamente em procedimentos Bibliográficos e Documentais, uma vez que, relacionando duas bases de dados principais, objetiva georreferenciar o tratamento de esgoto no estado Ceará, através da elaboração de mapa contemplando a distribuição espacial das ETEs nos municípios cearenses, bem como por mesorregião. Tal análise também se fundamenta em natureza Básica Estratégica, considerando que os resultados obtidos podem servir como base para a expansão do tratamento de esgoto no estado e melhorias no sistema atualmente existente.

De acordo com Prodanov e De Freitas (2013), o método científico é conjunto de processos adotados para o desenvolvimento da pesquisa. Dessa forma, a metodologia utilizada na elaboração deste trabalho está elencada no fluxograma do Gráfico 1.

Gráfico 1- Fluxograma de atividades



Fonte: elaborado pela autora.

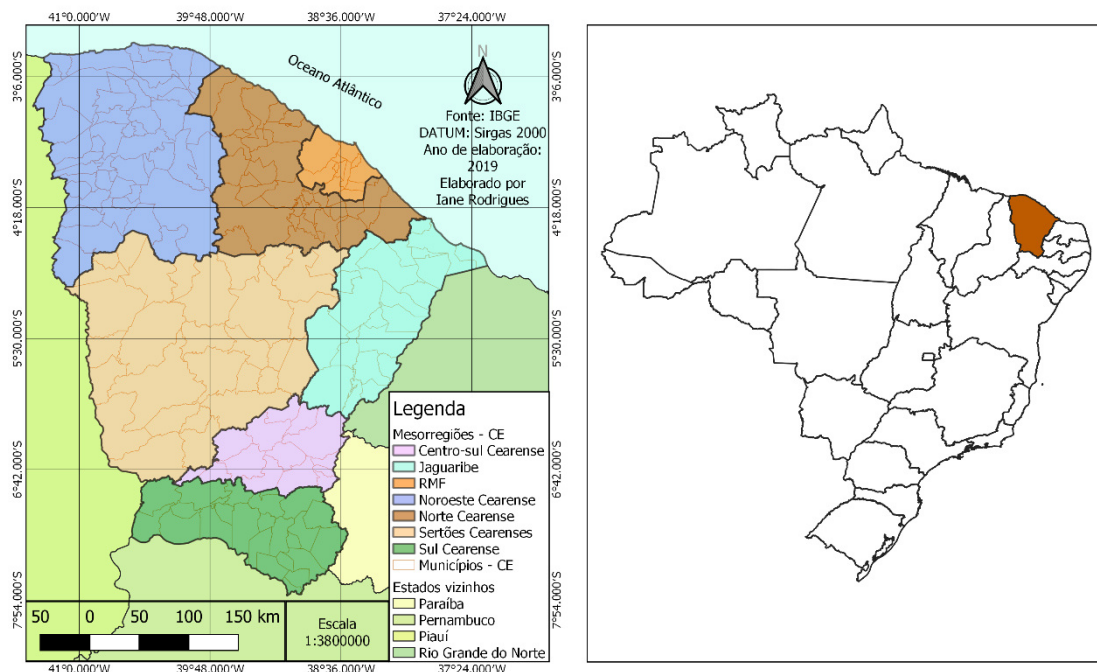
### 3.1 Área de estudo

A área analisada é o estado do Ceará, o qual pertence ao Nordeste brasileiro, tendo uma área total de 148.825,6 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 8.448.055 habitantes, segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2017). O estado é banhado pelo Oceano Atlântico e faz fronteira com os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

Além disso, o Ceará contempla 184 municípios, divididos em 8 macrorregiões de planejamento, 7 mesorregiões geográficas e 33 microrregiões, de acordo com o IPECE (2017). Para os fins dessa pesquisa será analisada a divisão em mesorregiões – Região

Metropolitana de Fortaleza (RMF), Norte Cearense, Noroeste Cearense, Jaguaribe, Centro-sul Cearense, Sertões Cearenses e Sul Cearense –, conforme Figura 1.

Figura 1 – Mapa da localização do Ceará



Fonte: elaborado pela autora.

Com relação à hidrologia, o estado é subdividido em 12 bacias hidrográficas, contemplando rios, lagos e açudes, sendo a bacia do Rio Jaguaribe a de maior dimensão, conforme CEARÁ (2011). Tais cursos hídricos desempenham funções fundamentais para o desenvolvimento local, o que aponta a necessidade de verificar e minimizar os níveis de poluição dessas águas, especialmente devido à escassez acentuada pelo clima semi-árido. (CEARÁ, 2011)

### 3.2 Coleta de dados

A parte inicial do estudo foi o levantamento bibliográfico acerca da relevância do tratamento de esgoto, desde o apanhado histórico até os tipos de tratamento utilizados e dos parâmetros aplicados na análise dos efluentes descartados, conforme legislação pertinente. Para isso, foram utilizadas duas bases de dados nacionais e confiáveis:

- A primeira foi a planilha do Atlas do Esgoto elaborada pela ANA (2017), por meio do SNIRH, na qual foram compiladas as informações relativas ao

tratamento de esgotos nos municípios brasileiros e da qual filtrou-se as cidades do Ceará, conforme Figura 2.

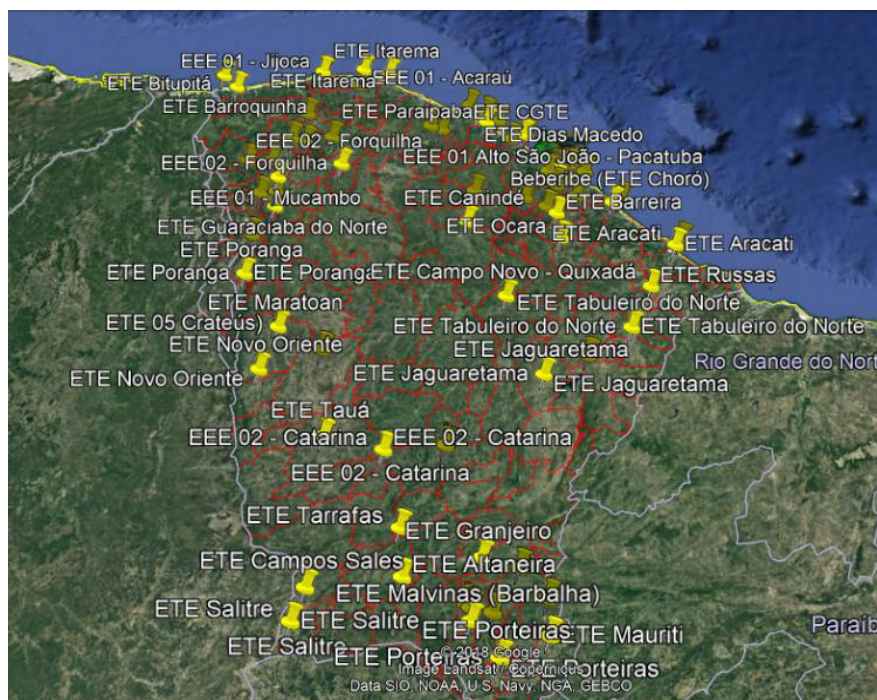
Figura 2 - Planilha do Atlas Esgotos (ANA, 2017) relativa aos municípios cearenses

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Município	UF	População Urbana (2013)	População Urbana (2035)	Prestador de Serviço de Esgotamento Sanitário	Sigla do Prestador	Índice sem atendimento - o - sem Coleta e sem Tratamento (2013)	Índice de Atendimento por Solução Individual (2013)	Índice de Atendimento com Coleta e sem Tratamento (2013)	Índice de Atendimento o com Coleta e com Tratamento (2013)	Vazão - sem Coleta e sem Tratamento (L/s) (2013)	Vazão - Solução Individual (L/s) (2013)	Vazão - com Coleta e sem Tratamento (L/s) (2013)	Vazão - com Coleta e com Tratamento (L/s) (2013)	Vazão Total em 2013 (L/s)	Parcela da Carga Gerada em 2013 sem Coleta e sem Tratamento (Kg DBO/dia)	Parcela da Carga Gerada em 2013 Encaminhada para Solução Individual (Kg DBO/dia)	Parcela da Carga Gerada em 2013 com Coleta e sem Tratamento (Kg DBO/dia)
7	Abaiara	CE	4.809	7.756	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	77,7%	12,2%	10,1%	0,0%	3,4	0,5	0,4	0,0	4,4	201,7	31,8	26,2
21	Acarapé	CE	8.332	9.485	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	45,4%	9,7%	0,0%	45,0%	20,2	4,3	0,0	20,1	44,6	204,0	43,5	0,0
22	Acarauá	CE	29.511	33.526	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	64,0%	11,4%	0,0%	24,6%	10,4	1,9	0,0	4,0	16,3	1.019,4	151,5	0,0
26	Acopiara	CE	25.968	32.679	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	12,2%	60,2%	0,0%	27,6%	8,5	41,9	0,0	19,2	69,6	171,1	844,2	0,0
85	Aluaba	CE	4.093	7.684	Prefeitura Municipal de Aluaba	PM	76,6%	1,5%	21,9%	0,0%	4,9	0,1	1,4	0,0	6,4	169,3	3,2	48,4
98	Alcântaras	CE	3.576	6.016	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	13,1%	9,8%	0,0%	77,1%	0,4	0,3	0,0	2,5	3,2	25,3	18,9	0,0
138	Altaneira	CE	5.203	6.787	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	72,2%	1,7%	0,0%	26,1%	2,8	0,1	0,0	1,0	3,9	202,9	4,7	0,0
167	Alto Santo	CE	8.242	10.879	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	76,7%	2,6%	20,7%	0,0%	8,1	0,3	2,2	0,0	10,5	341,6	11,4	92,1
205	Amontada	CE	16.788	25.718	Serviço Autônomo de Água e Esgoto	SAAE POP	91,6%	6,4%	0,0%	2,0%	15,0	1,1	0,0	0,3	16,4	788,5	55,5	0,0
258	Antônio do Norte	CE	5.134	6.256	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	51,4%	1,0%	47,6%	0,0%	2,6	0,0	2,4	0,0	5,1	142,5	2,7	132,0
289	Apuiarés	CE	5.968	6.746	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	94,5%	0,1%	5,4%	0,0%	6,6	0,0	0,4	0,0	7,0	304,5	0,4	17,4
292	Aquiraz	CE	70.369	85.850	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	26,5%	28,4%	0,0%	45,1%	22,0	23,5	0,0	37,4	82,9	1.008,2	1.078,1	0,0
299	Aracati	CE	45.684	51.832	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	54,3%	0,7%	0,0%	45,0%	99,8	0,8	0,0	37,8	128,4	1.340,4	16,0	0,0
304	Aracocaba	CE	14.060	18.676	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	81,3%	11,3%	7,5%	0,0%	19,6	2,7	1,8	0,0	24,1	616,9	85,7	56,7
346	Ararendá	CE	5.014	7.588	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	71,7%	13,5%	14,7%	0,0%	5,5	1,0	1,1	0,0	7,6	184,2	36,6	39,9
349	Araripe	CE	13.032	18.012	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	77,6%	1,6%	20,8%	0,0%	8,1	0,2	2,2	0,0	10,4	546,0	11,4	148,3
356	Aratuba	CE	3.754	5.983	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	13,2%	46,2%	0,0%	40,7%	1,6	3,7	0,0	5,0	12,3	26,7	99,3	0,0
388	Arneiroz	CE	3.938	4.755	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	55,2%	15,6%	29,0%	0,0%	1,9	0,5	1,0	0,0	3,4	117,3	33,7	61,7
410	Assaré	CE	12.241	17.303	Companhia de Água e Esgoto do Ceará	CAGECE	79,4%	7,9%	11,8%	0,0%	9,0	0,9	1,5	0,0	11,4	524,5	52,2	84,3

Fonte: ANA, 2017.

- A segunda base foram os dados fornecidos diretamente pela CAGECE, contemplando as informações das ETEs do estado que são atendidas pela companhia, incluindo a localização de cada estação, conforme Figura 3.

Figura 3 - Localização das ETEs operadas pela CAGECE



Fonte: CAGECE, 2019.

Posteriormente, com base nas informações de atendimento cedidas pela CAGECE, verificou-se quais municípios não são atendidos pela concessionária e, assim, analisou-se no software Google Earth as demais possíveis estações de tratamento. A partir de então, foram contatados os técnicos de meio ambiente desses municípios, através dos dados repassados pela Secretaria de Meio Ambiente (SEMA), no intuito de verificar as informações acerca da coleta e do tratamento de esgotos nas localidades que não recebem atendimento da CAGECE. Ademais, utilizou-se as informações do SNIRH, verificando-se as estações operadas pelo SAAE.

Em seguida, com base nos croquis levantados pelo SNIRH relativos ao tratamento de esgoto de cada município, foram verificados a eficiência do tratamento aplicado em cada ETE do estado ou solução individual e o rio no qual é destinado o efluente final, no intuito de verificar a quantidade de matéria orgânica descartada nesses corpos hídricos. Dessa forma, os dados obtidos foram consolidados na planilha do Apêndice A.

### **3.3 Geolocalização das Estações de Tratamento de Esgoto**

De posse das informações obtidas, migrou-se os dados kml cedidos pela CAGECE para o software gratuito QGIS, versão 3.4.13. Além disso, utilizou-se ainda os *shapefiles* disponibilizados no site do SNIRH com relação às estações de tratamento de esgoto do Ceará e no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes às bases cartográficas dos municípios e mesorregiões cearenses, bem como dos cursos hídricos do estado, de acordo com o arquivo disponibilizado pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH). Com base na união desses dados foi elaborado mapas contemplando a distribuição espacial das ETEs de maneira geral no estado, bem como de cada mesorregião.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados e discussão gerais

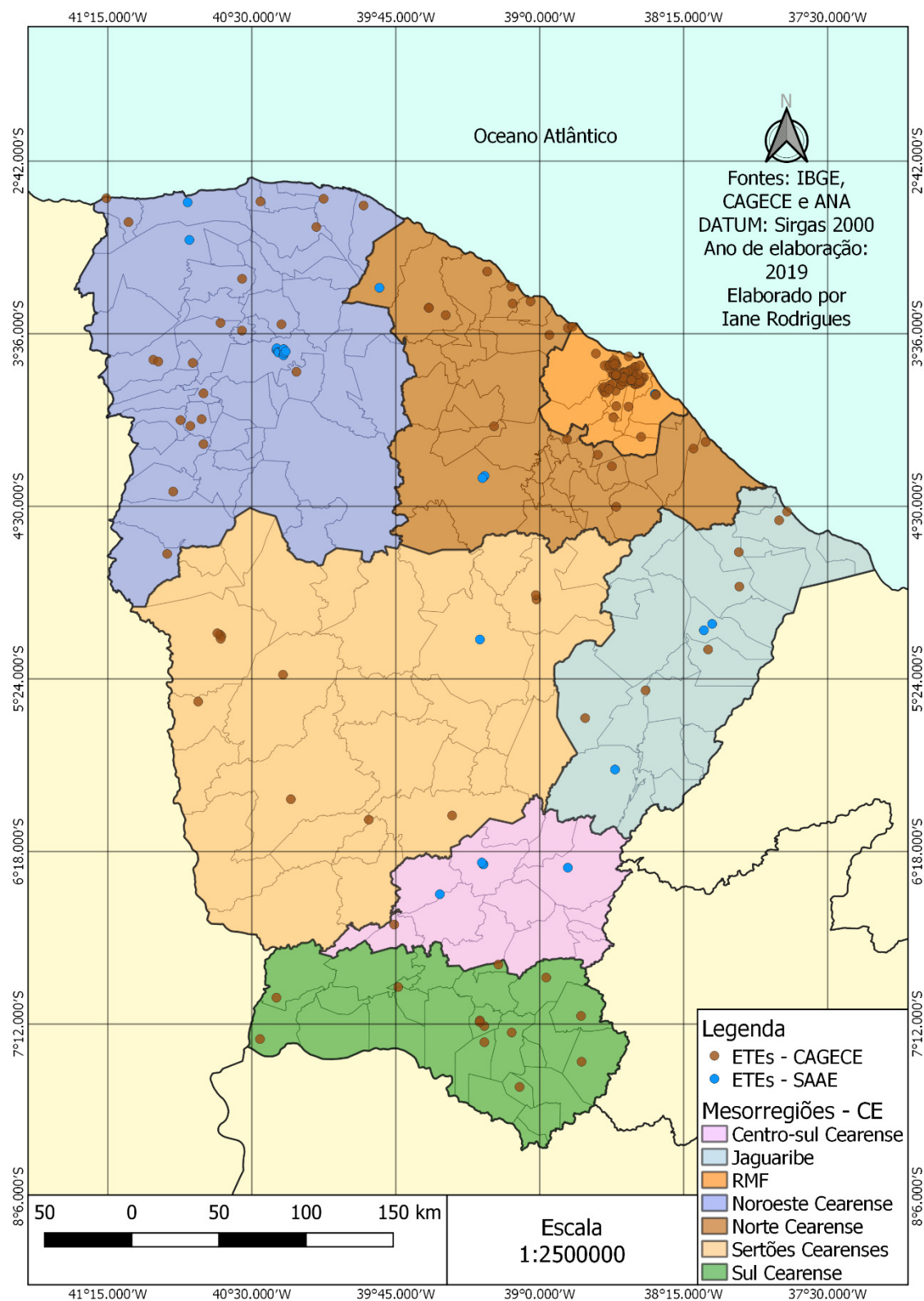
A consolidação das informações coletadas está na planilha do Apêndice A. A planilha traz informações sobre os 184 municípios cearenses e contém alguns critérios de avaliação e descrição dos sistemas de tratamento de esgoto do Estado, tais quais:

- População urbana: apresenta a população urbana de 2013 dos municípios. (ANA, 2017)
- Tipo de tratamento: de acordo com a tipologia de tratamento apresentada pelo Atlas Esgotos (ANA, 2017) e com as informações repassadas pela CAGECE.
- Estação de tratamento de esgoto: apresenta cada estação do estado.
- Destino final do efluente: elenca o corpo hídrico no qual é destinado o efluente final, tratado ou não, de acordo com os croquis levantados pelo SNIRH (ANA, 2017).
- Índices de atendimento: apresenta os índices relativos à população sem atendimento, com atendimento somente de coleta, de coleta e tratamento ou solução individual.
- Carga gerada e lançada: apresenta o quantitativo de carga orgânica que foi gerada, quanto foi tratado e a quantidade descartada;
- Eficiência de tratamento: de acordo com os croquis do SNIRH (ANA, 2017).

Para os municípios atendidos pela CAGECE foram consideradas as localizações das ETEs cedidas pela concessionária. Com relação aos demais, foram contatados os técnicos ambientais dessas localidades, porém, além de poucos retornos, os municípios não tinham posse dessas informações ou não havia tratamento de efluentes no local. Dessa forma, para os municípios não atendidos pela CAGECE, utilizou-se as informações do SNIRH, verificando-se as estações operadas pelo SAAE. Assim, foi elaborado o mapa da Figura 4, o qual contempla a distribuição espacial das estações do estado.



Figura 4 - Mapa das ETEs do Ceará



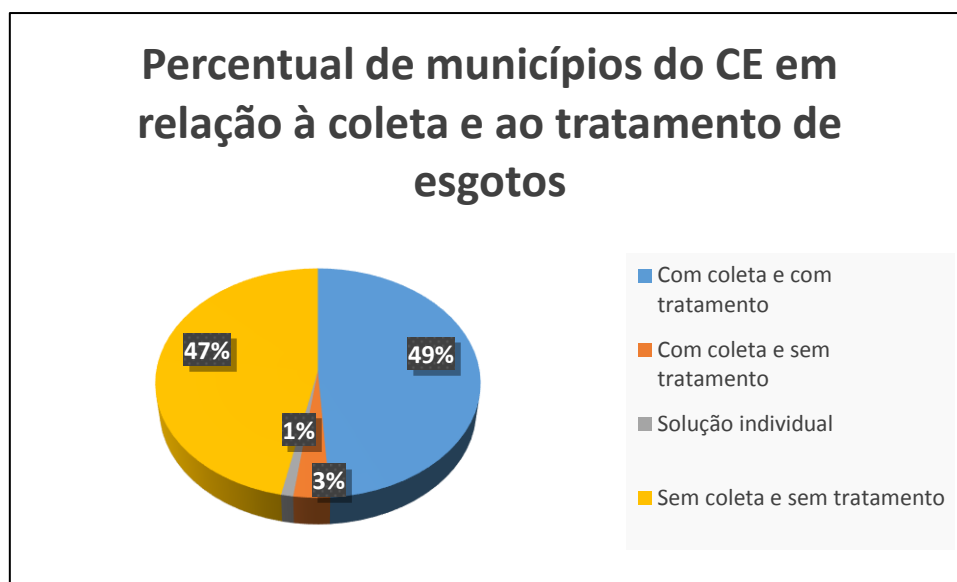
Fonte: elaborado pela autora.

De tal maneira, constatou-se que, dos 184 municípios cearenses, 90 são contemplados por, pelo menos, uma estação de tratamento de esgoto, dos quais 76 são

atendidos pela CAGECE. Além disso, 14 cidades recebem atendimento do SAAE, 2 apresentam solução individual e 2 são atendidas pelas prefeituras municipais, enquanto 92 ainda não recebem nenhum tipo de tratamento dos efluentes gerados, ou seja, 50% dos municípios. Vale destacar que, com relação a zona rural, segundo Lima (2017), o SISAR atua em 12 municípios, dos quais 8 – Acaraú, Bela Cruz, Coreaú, Croatá, Massapê, Tianguá, Itapipoca e Granjeiro – recebem atendimento da CAGECE e os demais 4 – Irauçuba, Marco, Moraújo e Santana do Acaraú – são atendidos somente pelo SISAR.

Portanto, foram geolocalizadas informações sobre o tratamento de esgoto de 90 municípios, representando um total de 49% de municípios com dados coletados. Assim, em termos de quantitativo de municípios, a coleta e o tratamento de esgotos no estado do Ceará apresenta-se de acordo com o Gráfico 2.

Gráfico 2- Municípios do CE em relação à coleta e ao tratamento de esgotos



Fonte: elaborado pela autora.

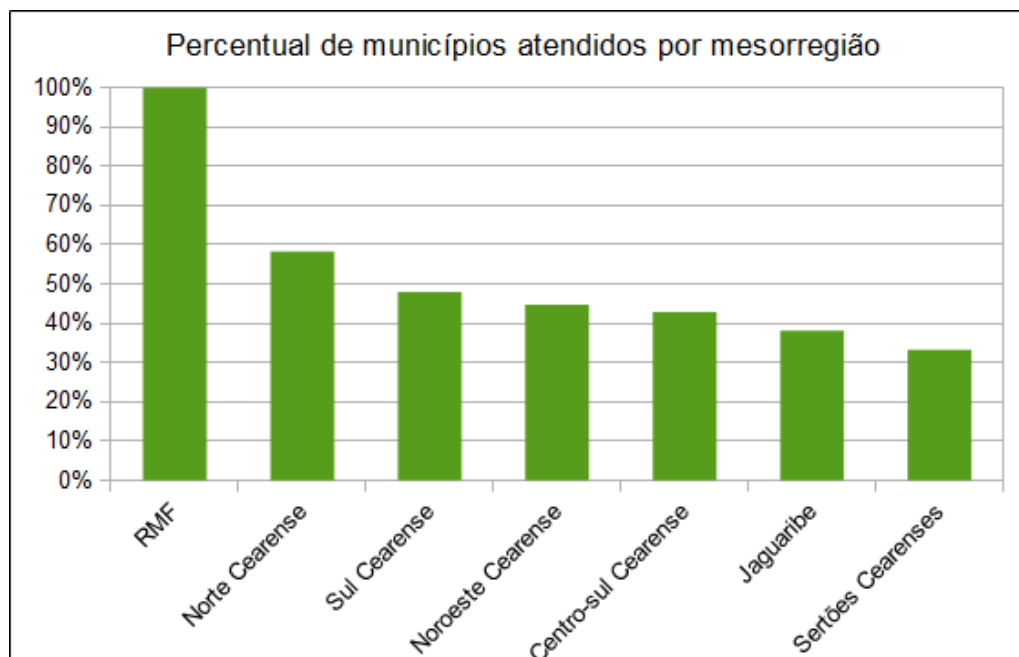
Logo, relacionando-se os índices de atendimento levantados pela ANA (2017) à população urbana atendida, conforme Apêndice A, pode-se constatar que apenas cerca de 49% dos municípios cearenses são contemplados com os serviços de coleta e tratamento de esgoto adequados, atendendo, pelo menos, 2.618.030 pessoas, isto é, cerca de 47% da população urbana do estado. De tal forma, 50% dos municípios não apresenta sistemas de tratamento de esgoto, nos quais cerca de, pelo menos, 965.000 pessoas, isto é, cerca de 15% do contingente populacional urbano do estado não recebe tratamento de esgotos.

Pode-se, ainda, verificar visualmente no mapa da Figura 1 a concentração das estações de tratamento mais ao norte do estado, especialmente na Região Metropolitana

de Fortaleza (RMF), enquanto parte considerável das localidades que se encontram em regiões mais ao centro não são atendidas pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos.

Analisando de maneira geral o percentual de atendimento desses serviços com relação à quantidade de municípios atendidos por mesorregião tem-se o Gráfico 3.

Gráfico 3 - Percentual de municípios atendidos por mesorregião do Ceará



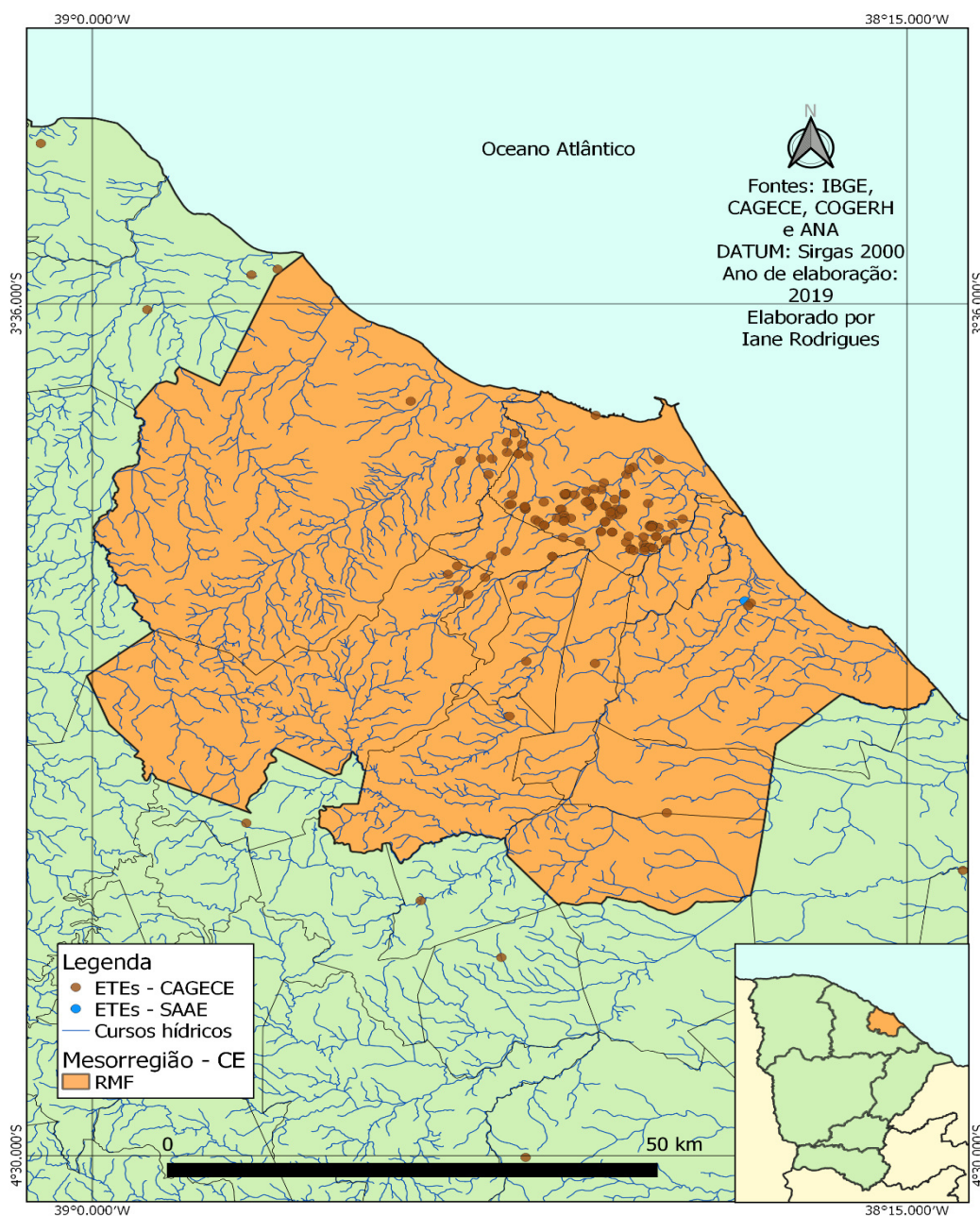
Fonte: elaborado pela autora.

Com base no Gráfico 3, pode-se verificar que a mesorregião que contempla mais municípios atendidos é a RMF, na qual cada uma das 11 cidades que formam a região tem, pelo menos, uma ETE. Ao passo que a mesorregião dos Sertões Cearenses, formada por 30 cidades, apresenta um percentual de apenas cerca de 33% de municípios atendidos pela coleta e o tratamento de águas residuárias.

## 4.2 Resultados e discussão por Mesorregião Cearense

### 4.2.1 Região Metropolitana de Fortaleza (RMF)

Figura 5 - Mapa das ETEs da RMF



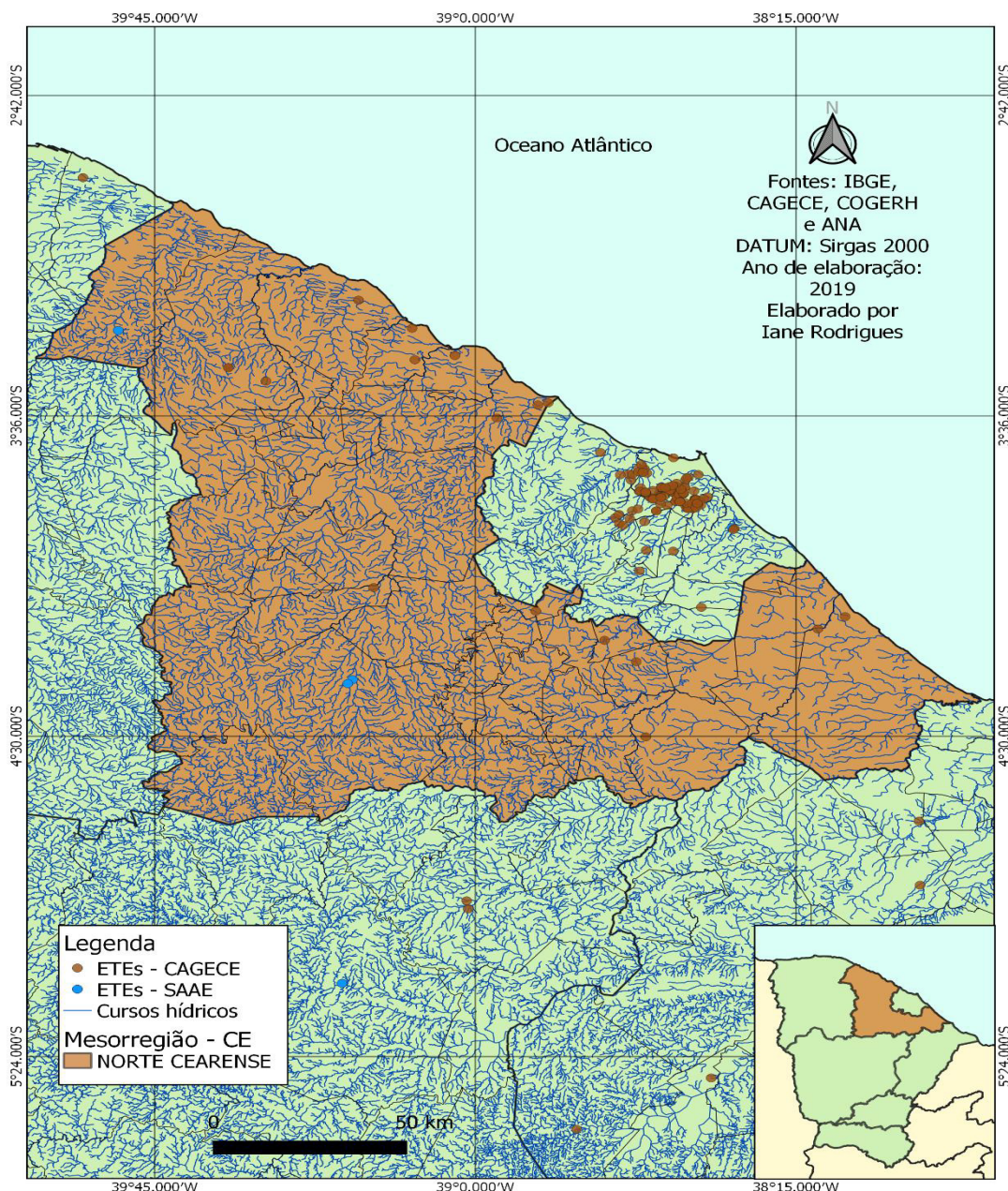
Fonte: elaborado pela autora.

A Região Metropolitana de Fortaleza é a mesorregião que apresenta maiores índices de coleta e tratamento de esgoto de seus municípios, ao contemplar sistemas de tratamento de esgoto em todas as 11 cidades da região, atendendo 1.885.000 pessoas, o que representa cerca de 54% da população. Assim, a região apresenta diversas tecnologias de tratamento para os efluentes gerados. As tecnologias mais aplicadas são Decanto-digestores em associação com Filtros anaeróbios, podendo haver Cloração ou não, Reatores UASB e Lagoas de Estabilização. De forma que, com base nos dados obtidos, estima-se que cerca de 108 ETEs da RMF realizem o tratamento de efluentes através de Decanto-digestor com Filtro anareóbio e Cloração, perfazendo 60% das tecnologias

aplicadas na mesorregião em questão. Todas as tecnologias aplicadas nas ETEs da RMF apresentam, de acordo com o Apêndice A, eficiência de, pelo menos, 60%, o que atende aos requisitos mínimos da legislação para lançamento de efluentes.

#### 4.2.2 Norte Cearense

Figura 6 - Mapa de distribuição das ETEs do Norte Cearense



Fonte: elaborado pela autora.

Com relação ao Norte Cearense (Figura 6), pode-se observar maior quantidade de ETE's nos municípios mais próximos à RMF, como São Gonçalo do Amarante, Palmácia e Acarape. Nessa mesorregião, dos 36 municípios, 21 têm estações de tratamento, isto é,

58% das cidades, propiciando atendimento a cerca de 123.204 pessoas e, portanto, 31% da população urbana da região. Das tecnologias de tratamento empregadas na ETEs da região a mais utilizada é a de Lagoas de Estabilização, perfazendo 57% das tecnologias aplicadas, as quais apresentam eficiências que variam de 49%, como é o caso do município de Paraipaba, e 80%.

A respeito dos municípios que não têm estação de tratamento de esgoto, são elencados os corpos receptores dos efluentes de cada cidade, bem como a carga orgânica destinada na Tabela 1.

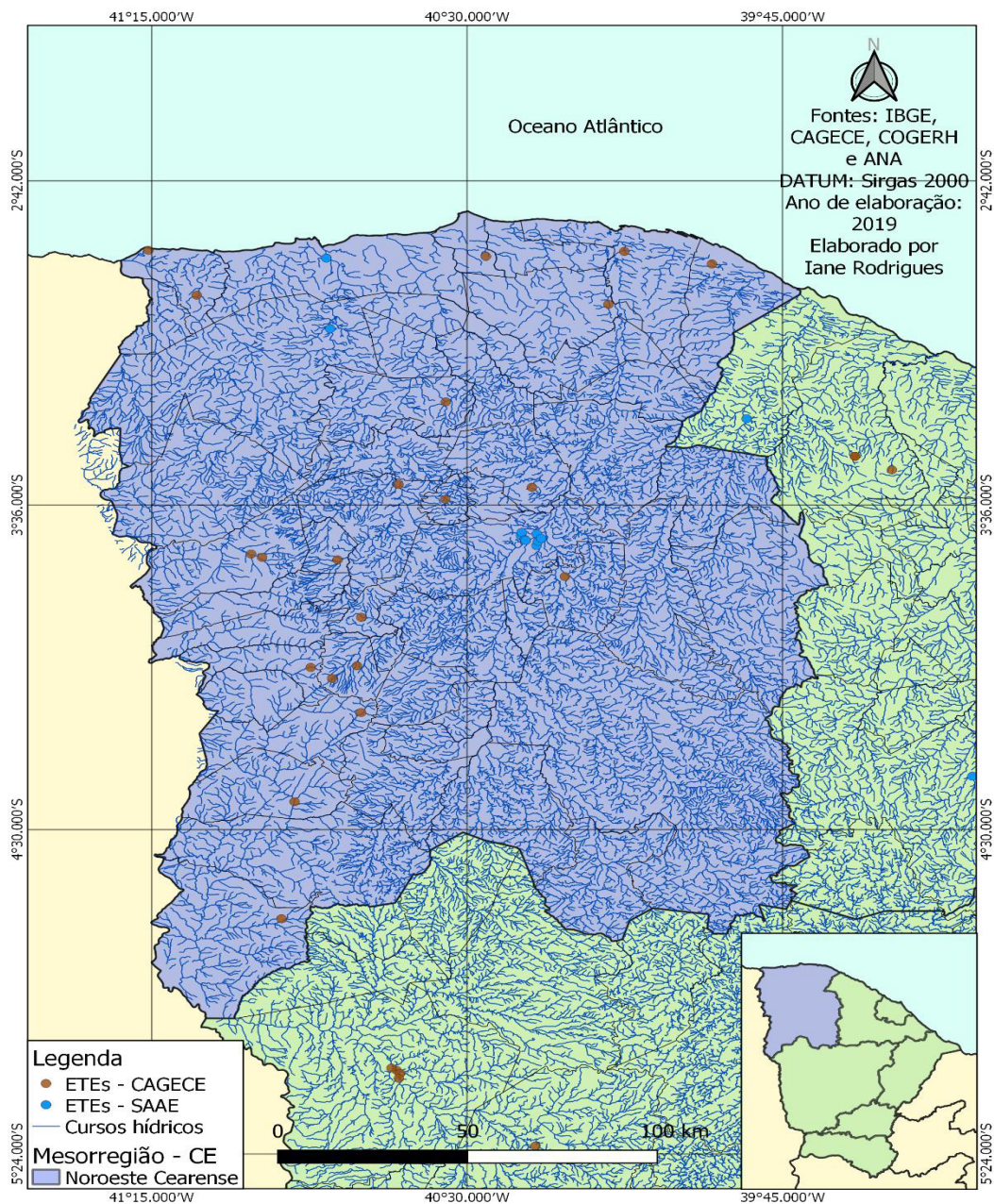
Tabela 1 - Municípios do Norte Cearense sem tratamento de esgoto

<b>Município</b>	<b>Corpo hídrico no qual o efluente é descartado</b>	<b>Carga Lançada Total em 2013 (kg DBO/dia)</b>
Apuiarés	Rio Curu	322,0
Aracoiaba	Riacho do Cedro	707,8
Capistrano	Riacho Estreito	311,5
Caridade	Riacho dos Macacos	596,6
Chorozinho	Riacho da Lagoa Seca / Riacho do Aruá / Rio Choró	620,6
General Sampaio	Rio Curu	208,6
Itapagé	Riacho Escorado	1.805,3
Itapiúna	Rio Castro	447,8
Itatira	Riacho Bonifácio	535,0
Pentecoste	Rio Canindé	1.109,0
Pindoretama	Riacho Caponga Funa	639,3
Tejuçuoca	Sem Nome Oficial	362,0
Tururu	Riacho Julião	300,4
Umirim	Sem Nome Oficial	605,2

Fonte: ANA, 2017.

### 4.2.3 Noroeste Cearense

Figura 7 - Mapa de distribuição das ETEs no Noroeste Cearense



Fonte: elaborado pela autora.

Em relação à mesorregião do Noroeste Cearense, constatou-se que, dos 47 municípios, 21 são atendidos pela coleta e o tratamento das águas residuárias: Acaraú, Alcântaras, Barroquinha, Bela Cruz, Camocim, Coreau, Croatá, Forquilha, Frecheirinha, Graça, Granja, Guaraciaba do Norte, Hidrolândia, Itarema, Jijoca de Jericoacoara, Massapê, Mucambo, Poranga, São Benedito, Sobral, Tianguá e Uruoca. Nessas cidades estima-se que recebam atendimento cerca de 240.000 pessoas, isto é, apenas 30% da

população urbana da região. Destas cidades, 3 são atendidas pelo SAAE e as demais 18 pela CAGECE. Entre as ETEs da região, o principal tipo de tratamento aplicado é o de Lagoas de Estabilização, utilizado em 87% das estações em questão, cuja eficiência é de cerca de 75%, o que atende os mínimos exigidos pela legislação.

Já os 26 municípios que não são atendidos pelo tratamento de esgoto têm os corpos d'água nos quais os efluentes são descartados e a quantidade de matéria orgânica lançada apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Municípios do Noroeste Cearense sem tratamento de esgoto

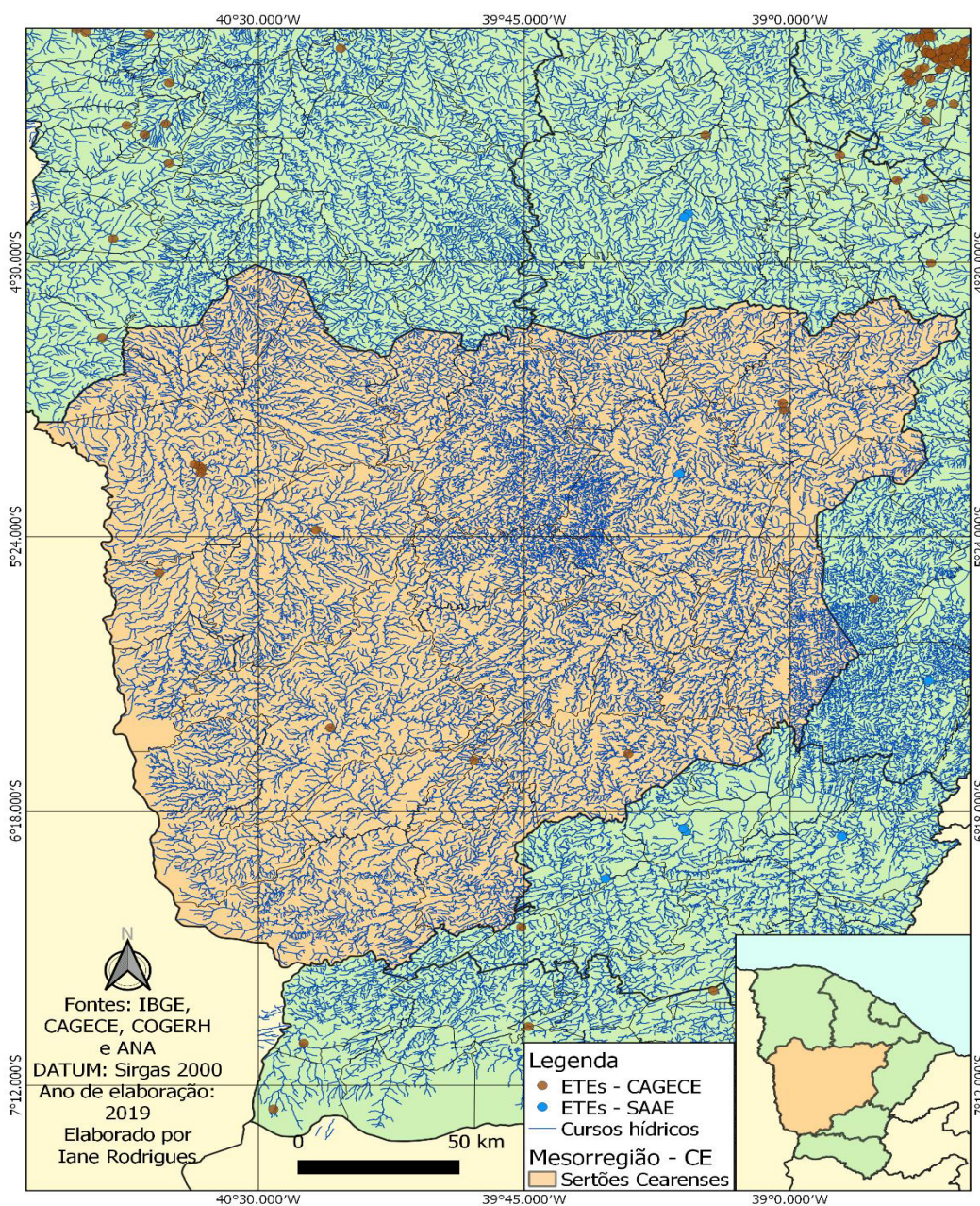
<b>Município</b>	<b>Corpo hídrico no qual o efluente é descartado</b>	<b>Carga lançada total (kg DBO/dia)</b>
Cariré	Riacho Seco	450,5
Carnaubal	Rio Inhuçu	433,7
Catunda	Rio dos Macacos	297,2
Chaval	Rio Timonha / Rio Ubatuba	479,6
Cruz	Rio Acaraú	533,5
Groaíras	Rio Acaraú / Rio Groaíras	379,1
Ibiapina	Riacho Jaburu	489,8
Ipu	Riacho Ipuçaba	1.387,1
Ipueiras	Rio Jatobá	947,5
Irauçuba	Rio Riachão	801,2
Marco	Riacho do Córrego	803,2
Martinópole	Riacho Jaguarapi	444,8
Meruoca	Sem Nome Oficial	416,7
Miraíma	Rio Aracatiaçu	339,2
Moraújo	Rio Coreaú	202,0
Morrinhos	Rio Acaraú	524,0
Pacujá	Riacho do Machado	189,8
Pires Ferreira	Riacho Baixa Fria	186,3
Reiutaba	Riacho Juré	563,1
Santa Quitéria	Rio Jacurutu	1.056,7
Santana do Acaraú	Sem Nome Oficial	837,2
Senador Sá	Sem Nome Oficial	287,8
Ubajara	Riacho Sítio do Meio	854,2
Varjota	Sem Nome Oficial	692,2
Viçosa do Ceará	Riacho Boqueirão	915,2

Fonte: ANA, 2017.



#### 4.2.4 Sertões Cearenses

Figura 8 - Mapa das ETEs dos Sertões Cearenses.



Fonte: elaborado pela autora.

Conforme já citado e pode-se observar no mapa da Figura 8, a região dos Sertões Cearenses é a que contempla os menores percentuais de atendimento em termos de quantidade de municípios. De tal forma, das 30 cidades da mesorregião, apenas 10 são atendidas pela coleta e o tratamento adequados de esgoto. Dentre os quais, o município de Boa Viagem utiliza solução individual. A tecnologia de tratamento mais utilizada nessa região é através de Decanto-digestor com Filtro anaeróbio, aplicada em cerca de 50% das ETEs. Tal tecnologia apresenta eficiência de, pelo menos 60%.

Quanto aos municípios não contemplados com ETE, o corpo hídrico no qual é lançado efluente e a quantidade de matéria orgânica diária são elencados na Tabela 3.

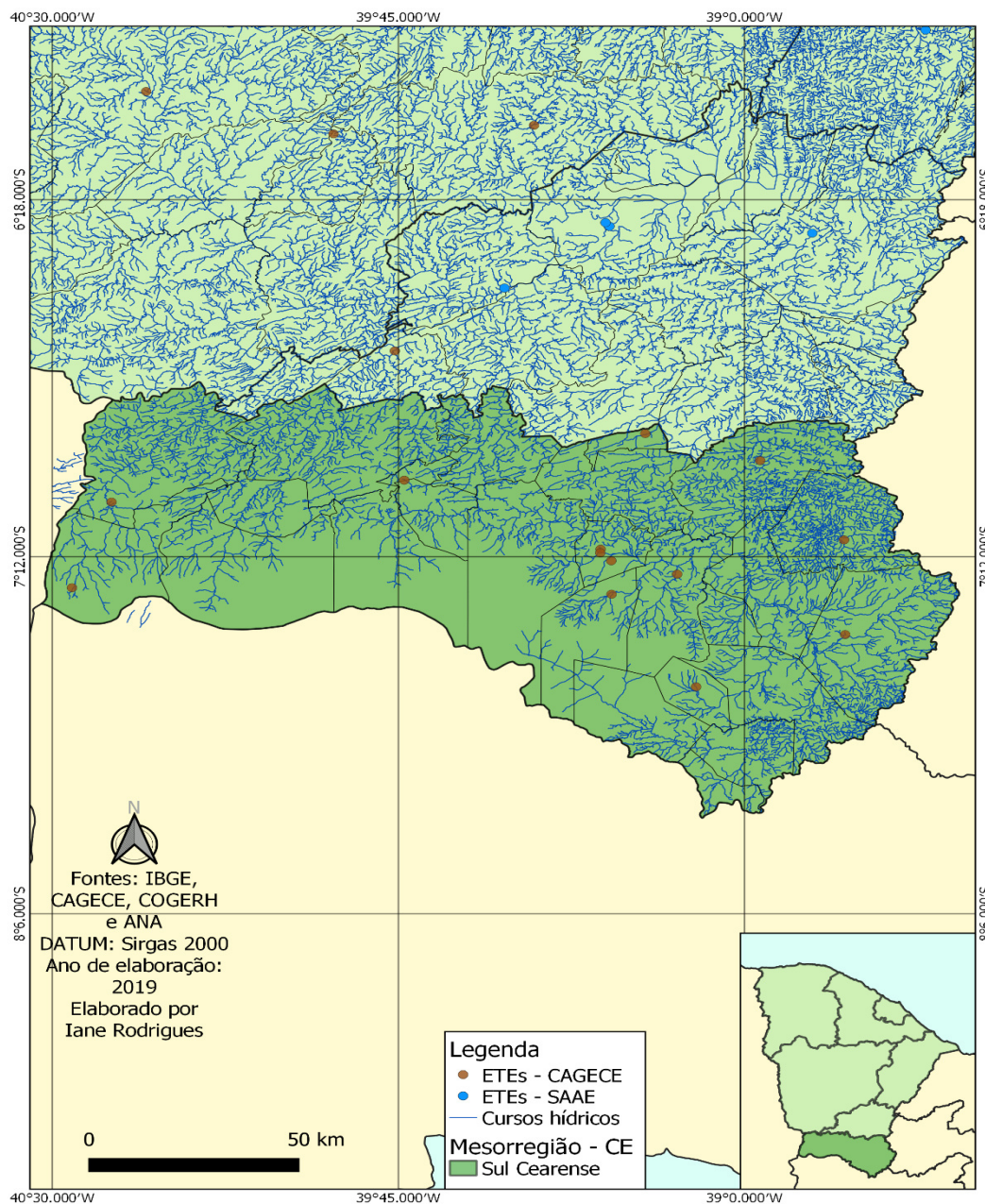
Tabela 3 - Municípios dos Sertões Cearenses sem tratamento de esgoto

<b>Município</b>	<b>Corpo hídrico no qual o efluente é descartado</b>	<b>Carga lançada total (kg DBO/dia)</b>
Ararendá	Riacho Cana-Brava	248,8
Arnelroz	Riacho Sabiá / Riacho Jaguaribe	192,5
Banabulú	Rio Banabulú	464,0
Choró	Rio Choró	202,6
Deputado Irapuan Pinheiro	Sem Nome	226,1
Ibaretama	Sem Nome Oficial	243,8
Ipaporanga	Riacho Verde e Riacho São José	223,2
Madalena	Sem Nome Oficial	466,0
Milhã	Riacho Capitão Mór	280,0
Mombaça	Rio Banabulú	1.013,9
Monsenhor Tabosa	Riacho da Serra	502,6
Parambu	Sem Nome Oficial	697,6
Pedra Branca	Riacho Santa Rita	1.226,6
Piquet Carneiro	Riacho Bonsucesso	412,8
Quiterianópolis	Rio Poti	346,7
Senador Pompeu	Rio Banabulú	820,7
Solonópole	Sem Nome Oficial	495,6
Tamboril	Rio Acaraú	771,2

Fonte: ANA, 2017.

## 4.2.5 Sul Cearense

Figura 9 - Mapa das ETEs do Sul Cearense



Fonte: elaborado pela autora.

De acordo com a Figura 9 e o Apêndice A, pode-se constatar que, dos 25 municípios do Sul Cearense, 16 recebem tratamento adequado das águas residuárias: Altaneira, Aurora, Barbalha, Barro, Brejo Santo, Campos Sales, Granjeiro, Juazeiro do Norte, Mauriti, Missão Velha, Porteiras e Salitre. De tal forma, são atendidas cerca de 144.000 pessoas e, portanto, 34% da população urbana dessa mesorregião. Entre as cidades atendidas, 11 utilizam Lagoas de Estabilização, isto é, 69% das ETEs, as quais

apresentam eficiência de 80%, atendendo, assim, os parâmetros exigidos pela legislação pertinente.

Com relação aos que não possuem atendimento desses serviços, a Tabela 4 elenca o rio onde o efluente será destinado, juntamente à carga lançada.

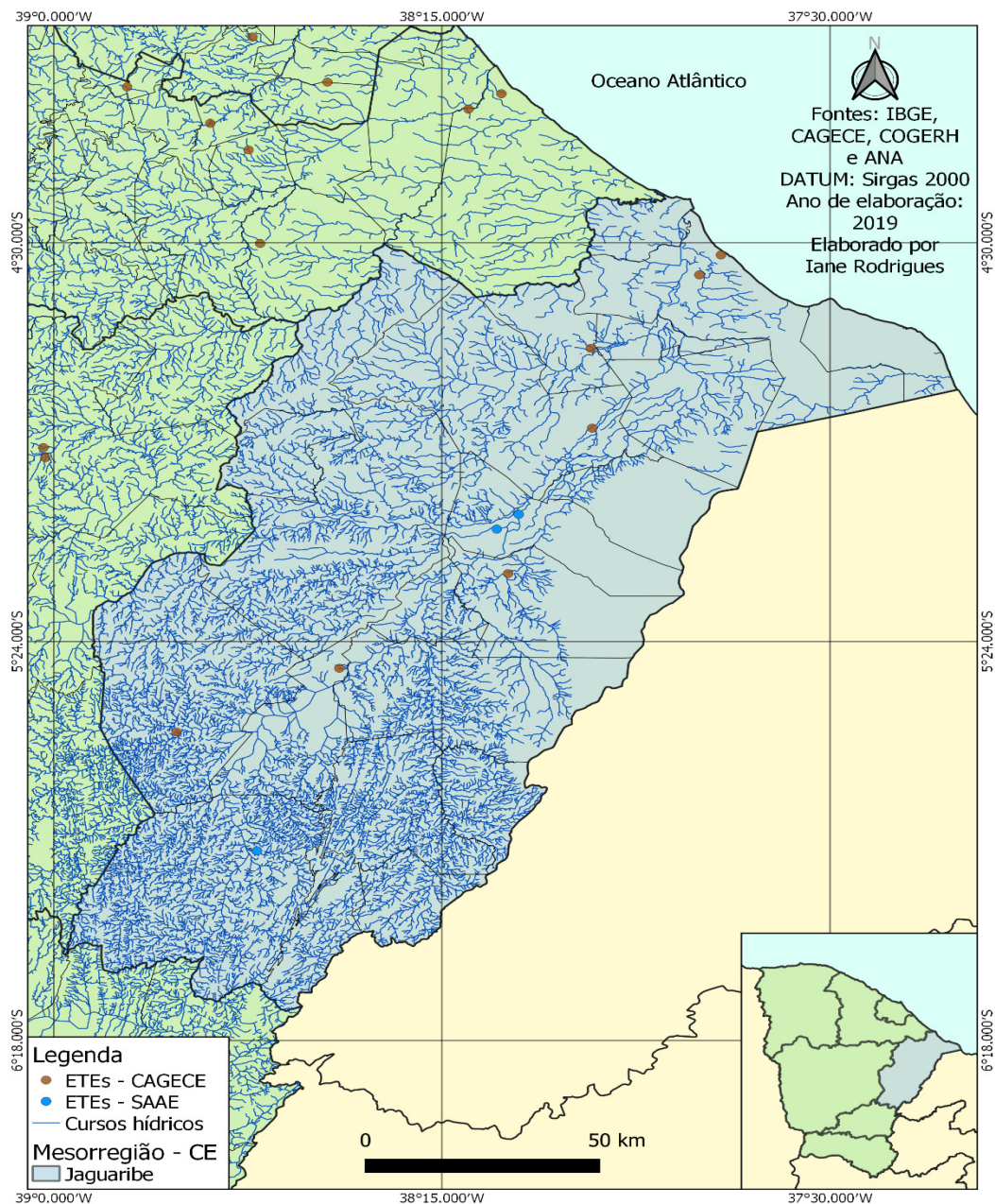
Tabela 4 - Municípios do Sul Cearense sem tratamento de esgoto

<b>Município</b>	<b>Corpo hídrico no qual o efluente é descartado</b>	<b>Carga lançada total (kg DBO/dia)</b>
Abalara	Riacho do Camelo	240,6
Aralpe	Sem Nome	696,9
Assaré	Riacho Banguê / Riacho Cachoeira / Rio Sem Nome	629,7
Caririaçu	Riachos dos Carneiros	739,8
Crato	Riacho Constantino	5.103,4
Farias Brito	Riacho do Brejo Grande	455,1
Jardim	Riacho Jardim	471,6
Jati	Riacho Jardim	243,4
Milagres	Sem Nome Oficial	721,8
Nova Olinda	Riacho do Brejo Grande	539,0
Penaforte	Riacho Jurema	358,7
Potengi	Riacho Brejinho	308,9
Santana do Cariri	Riacho do Brejo Grande	466,7

Fonte: ANA, 2017.

## 4.2.6 Jaguaribe

Figura 10 - Mapa das ETEs do Jaguaribe



Fonte: elaborado pela autora.

Com relação à mesorregião do Jaguaribe, formada por 21 municípios, são contempladas 9 cidades com estações de tratamento de esgoto: Aracati, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Limoeiro do Norte, Palhano, Russas e Tabuleiro do Norte, nas quais estima-se serem atendidas 90.400 pessoas, o que representa 49% da população urbana da região. Dessa maneira, em 3 localidades as ETE's são operadas pelo SAAE, em 6 pela CAGECE e no município de Morada Nova é utilizada solução individual. O

tipo de tratamento mais utilizado é o de Lagoas de Estabilização, sendo praticamente 90% dos tipos aplicados, em geral com uma eficiência de 75% e, assim, atendendo à legislação.

Quanto às cidades que não recebem atendimento, a Tabela 5 apresenta o corpo hídrico no qual está sendo destinado o efluente, além da carga despejada.

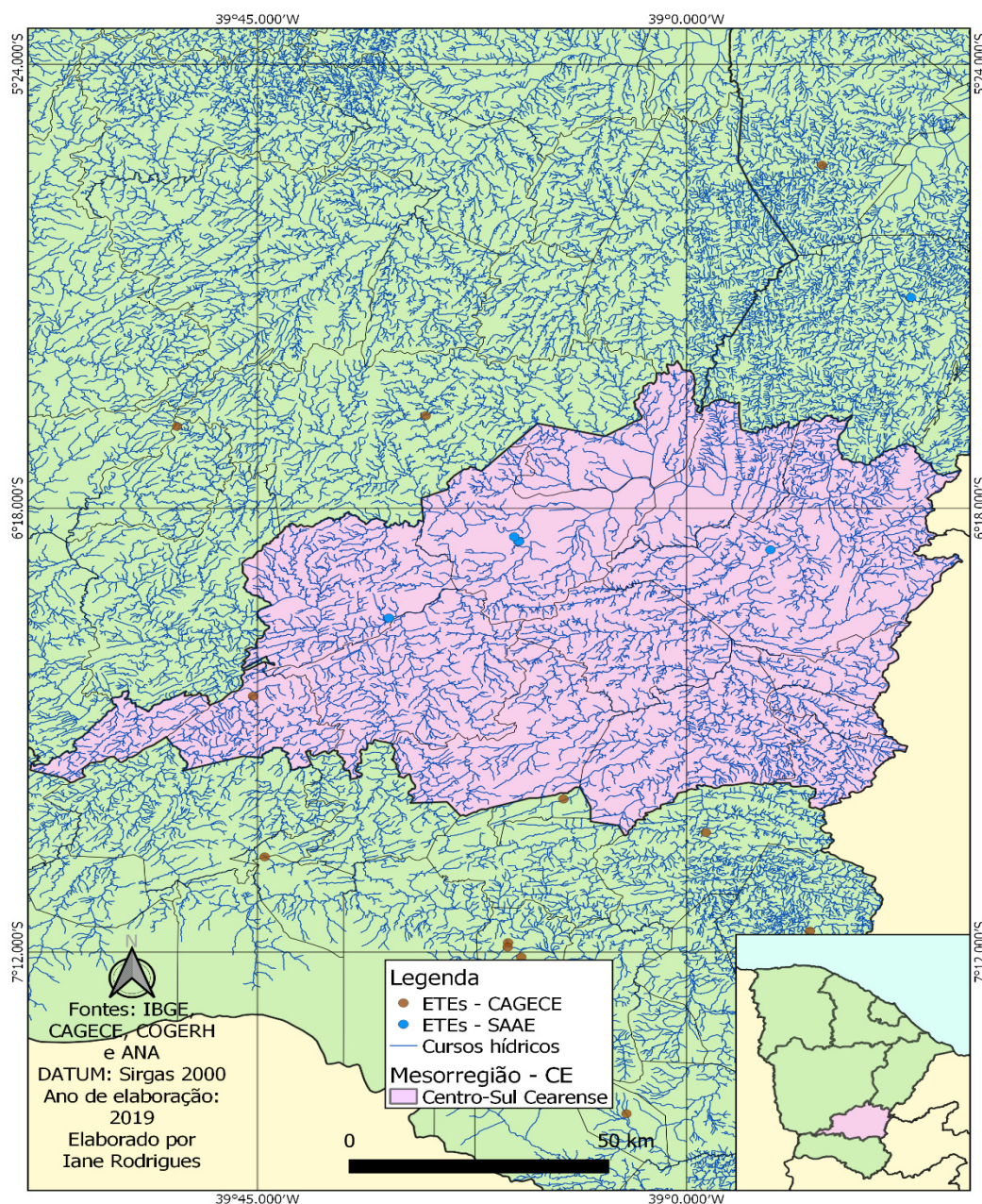
Tabela 5 - Municípios do Jaguaribe sem tratamento de esgoto

<b>Município</b>	<b>Corpo hídrico no qual o efluente é descartado</b>	<b>Carga lançada total (kg DBO/dia)</b>
Ererê	Riacho Boa Vista	178,8
Fortim	Rio Jaguaribe	544,3
Ibicultinga	Sem Nome Oficial	323,9
Icapuí	Córrego da Mata	323,3
Iracema	Rio Figueiredo	535,2
Itaíçaba	Rio Jaguaribe	230,3
Jaguaruana	Rio Jaguaribe	1.039,2
Pereiro	Sem Nome Oficial	295,3
Potiretama	Sem Nome Oficial	149,1
Quixeré	Sem Nome Oficial	700,5

Fonte: ANA, 2017.

#### 4.2.7 Centro-sul Cearense

Figura 11 - Mapa das ETEs do Centro-sul Cearense



Fonte: elaborado pela autora.

O Centro-sul Cearense é composto por 14 municípios, dos quais 6 – Cedro, Icó, Iguatu, Jucás, Quixelô e Tarrafas – são atendidos pela coleta e o tratamento de esgoto, isto é, 43% das cidades da região. Assim, são atendidas cerca de 43.000 pessoas, representando apenas 30% da população urbana da região. Além disso, os tipos de tecnologia mais utilizados nessas ETEs são o Decanto-digestor com Filtro anaeróbio

seguido de cloração e o Reator UASB, que apresentam eficiência estimada em 72% e 65%, respectivamente.

Em relação às cidades não atendidas pelo tratamento de esgoto, a Tabela 6 elenca o rio no qual será descartado o efluente do município, bem como a carga lançada diariamente.

Tabela 6 - Municípios do Centro-sul Cearense sem tratamento de esgoto

<b>Município</b>	<b>Corpo hídrico no qual o efluente é descartado</b>	<b>Carga orgânica lançada (kg DBO/dia)</b>
Antonina do Norte	Sem Nome Oficial	275,6
Baixio	Riacho Caio Prado	182,0
Cariús	Rio dos Bastiões	445,3
Ipaumirim	Córrego Lagoa Nova	391,9
Lavras da Mangabeira	Rio Salgado	901,8
Orós	Rio Jaguaribe	858,7
Umari	Sem Nome Oficial	214,1
Várzea Alegre	Riacho do Machado	1.319,4

Fonte: ANA, 2017.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, pode-se concluir a necessidade da expansão dos serviços de esgotamento sanitário no estado do Ceará, uma vez que, dos 184 municípios, em apenas 92 os efluentes passam por algum tipo de tratamento antes de serem lançados nos corpos hídricos e, desses, 90 são contemplados por, pelo menos, uma estação de tratamento de esgoto. De tal forma, 50% dos municípios cearenses não recebem tratamento adequado dos efluentes gerados, perfazendo um contingente populacional de quase 1 milhão de pessoas sem acesso à coleta e ao tratamento adequados dos efluentes gerados. Dessa forma, quase 200.000 kg DBO por dia são despejados nos cursos hídricos cearenses.

Com relação às mesorregiões, a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) apresentou o maior percentual de municípios atendidos, uma vez que cada uma das 11 cidades que formam a região apresenta pelo menos uma estação de tratamento, o que representa um atendimento a, pelo menos, 1.885.000 pessoas. Já a mesorregião dos Sertões Cearenses apresentou o menor percentual de municípios atendidos, contemplando apenas 10 cidades, dentre as 30 da região, com tratamento das águas residuárias.

Acerca dos municípios não atendidos pela coleta e o tratamento de esgotos no estado, verifica-se a destinação dos efluentes nos corpos hídricos com consideráveis teores de matéria orgânica, o que contribui para a precarização da qualidade da água nesses mananciais. Dessa maneira, os dados levantados nessa pesquisa poderiam ser relacionados às informações acerca da qualidade dos corpos hídricos no estado, no intuito de verificar a poluição decorrente do lançamento de efluentes sem prévio tratamento.

De tal forma, ao verificar o georreferenciamento das ETEs no estado e analisar os níveis de atendimento em relação à coleta e ao tratamento de esgotos nos municípios cearenses, o presente trabalho pode vir a contribuir consideravelmente no processo de tomada de decisão relativo ao desenvolvimento e expansão dos serviços de esgotamento sanitário no Ceará.

## 6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANA. **Atlas Esgotos**. 2017. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 12 out. 2019

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm)>. Acesso em: 02 nov. 2019.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA. 430/2011. “Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução No 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.” Data da legislação: 13/05/2011-Publicação DOU nº 92. de 16/05/2011, pág. 89. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre>. Cfm, 2008.>. Acesso em: 15 nov. 2019.

CAGECE. Controle de Sistemas de Esgotamento Sanitário e Croquis de Esgoto. 2019.

CEARÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução COEMA nº 02, de 02 de fevereiro de 2017. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as portarias SEMACE nº154, de 22 de julho de 2002 e nº111, de 05 de abril de 2011, e altera a portaria SEMACE nº151, de 25 de novembro de 2002. Diário Oficial do Estado, Fortaleza, v. 9, n. 37, p. 56-61, 21 fev. 2017. Seção 3.

CEARÁ. IPECE. Ceará em Números. 2017. Disponível em: <<https://www.ipece.ce.gov.br/ceara-em-numeros/>>. Acesso em: 09 dez. 2019.

CEARÁ. IPECE. **Os recursos hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades**. Disponível em: <[https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Recursos\\_Hidricos\\_do\\_Ceara.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Recursos_Hidricos_do_Ceara.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Esgoto.** 2019. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>>.

Acesso em: 15 nov. 2019.

JORGE, M. T. E.. **Análise de Serviços de Saneamento da Cidade de Curitiba com o Uso de Sistema De Informações Georreferenciadas (Sig).** 2008. Trabalho apresentado no 2 Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2008.

LIMA, V. S. **Diagnóstico do Saneamento Rural no Ceará: Um olhar crítico sobre a atuação do SISAR nas comunidades rurais cearenses.** 2017. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

NUVOLARI, A. (et al.). **Esgoto sanitário: coleta transporte, tratamento e reuso agrícola.** 1º Ed. São Paulo. Editora Blucher, 2003.

ONU. **Goal 6: Ensure access to water and sanitation for all.** 2017. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição.** Editora Feevale, 2013.

RECESA, Rede de Capacitação. **Transversal: Princípios Básicos de Geoprocessamento para seu Uso sem Saneamento.** Guia do Profissional em Treinamento. Nível, v.2, 2008.

SNIS. **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico\\_AE2018.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf)>.

Acesso em: 05 dez. 2019.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Editora UFMG, 1996.

**APÊNDICE**

APÊNDICE A – Tabela consolidada sobre o tratamento de esgotos no Ceará

<https://drive.google.com/file/d/1CpFMbiz5qgYMrY3Gw9Uar-Z9NQDWo9tU/view?usp=sharing>